

DISEÑO DE SISTEMA DE PRODUCCION MAS LIMPIA EN LA CURTIEMBRE
“LOUANE CUEROS SAS”

DIANA MARIBEL SILVA HERNÁNDEZ

FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTA
SEPTIEMBRE 2016.

DISEÑO DE SISTEMA DE PRODUCCION MAS LIMPIA EN LA CURTIEMBRE
“LOUANE CUEROS SAS”

DIANA MARIBEL SILVA HERNÁNDEZ

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE PROFESIONAL EN
INGENIERIA INDUSTRIAL

DIRECTOR
URIEL FERNANDO CARREÑO SAYAGO.
DOCENTE ACADEMICO.

FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTA
SEPTIEMBRE 2016.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado ha sido de gran bendición y enriquecimiento personal, el desarrollo no lo puedo catalogar como algo fácil, pero puedo afirmar que disfrute al máximo cada momento de investigación, cada oportunidad de saber más y más me causaba emoción y adrenalina. Doy gracias a Dios por su amor y su infinita bondad que no tiene fin, por guiarme ante todos mis logros que son el resultado de su ayuda, gracias por poner en el camino a todas las personas que colaboraron en la constante investigación de este proyecto, doy gracias a mi familia por el constante apoyo, y paciencia, a mis amigos, y profesores en especial a mi director de tesis por su paciencia, amabilidad, y dedicación, criterio y aliento, realmente ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda. Gracias a la empresa LOUANE CUEROS S.A.S. por abrir las puertas de sus instalación para hacer posible esta investigación y brindar la información necesaria.

CONTENIDO

GLOSARIO	4
RESUMEN	6
INTRODUCCION	7
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	8
JUSTIFICACION	8
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	9
MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE.....	10
MARCO LEGAL.....	12
METODOLOGIA Y RESULTADOS	15
1. OBJETIVO: DIAGNOSTICAR DEL PROCESO PRODUCTIVO	15
1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS CONTAMINADAS EN LA CURTIEMBRE. ESTUDIO DE CASO.....	15
1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA CURTIEMBRE “LOUANE CUEROS SAS”. ESTUDIO DE CASO.	16
1.3 DIAGRAMA DE FLUJO.....	23
1.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS	26
2. OBJETIVO 2. DISEÑO DE PROGRAMAS DE PRODUCCION MAS LIMPIA ACORDE A LAS NECESIDADES DIAGNOSTICADAS.....	27
2.1. ORDEN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.....	27
2.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS PIELES	27
2.3. DISMINUCION DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE RIBERA.	28
2.4. CURTIDO DE ALTO AGOTAMIENTO.....	30
3. OBJETIVO EVALUAR EL COSTO BENEFICIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA(S) DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	31
3.1 ORDEN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.	31
3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PIELES	32

3.3 DISMINUCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE RIBERA.....	33
3.4 CURTIDO CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO.	33
CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	23
FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS	26

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES.....	16
FOTO 2 SALADO DE PIELES.	17
FOTO 3 FULON O BOMBO.	18
FOTO 4 DEPILADO Y DESCARNE MANUAL.....	19
FOTO 5 PIEL LISTA PARA CURTIR.	20
FOTO 6 PIEL CURTIDA.	21
FOTO 7 CABALLETE DE MADERA.....	22

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS.	13
TABLA 2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.....	15
TABLA 3 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y FÍSICOS. (CUERONET, GUIA DE PRODUCCION LIMPIA EN EL SECTOR DE CURTIEMBRES, 2014).	24
TABLA 4 FORMULACIÓN DE CURTICION CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO.....	31
TABLA 5 COSTO DE LA DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.....	31
TABLA 6 DISMINUCIÓN DE PESO SEGÚN EL TIPO DE MATERIA PRIMA.....	32

TABLA 7 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN PESO DE PIELES CON CELDAS DE CARGA.(VIAINDUSTRIAL COLOMBIA S.A.S, 2016)	33
TABLA 8 CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN MÉTODO ACTUAL.	34
TABLA 9 CALCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN MÉTODO PROPUESTO.	35
TABLA 10 COSTO DE CROMO EN EL AGUA RESIDUAL.....	35

GLOSARIO

CAL: sustancia alcalina constituida por oxido de calcio de color blanco o blanco grisáceo, que al contacto del agua se hidrata o se apaga, con desprendimiento de calor, y mezclada con arena forma la argamasa o mortero.

CARNAZA: cara de la piel que ha estado en contacto con la carne y opuesta a la flor.

CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES: ríos, embalses, lagunas o cuerpos de aguas naturales o artificiales pero de agua dulce. Esta norma no fija parámetros para el mar ni para las infraestructuras.

CURTIEMBRE: sitio o taller donde se curten o trabajan las piles.

CURTIR O CURTIDO: tratar y preparar la piel obtenida de un animal muerto para su uso.

DBO5: cantidad de oxígeno disuelto requerido para los microorganismos vivir en el agua.

DERMIS: capa conjunta que forma parte de la piel de los vertebrados, más gruesa que la epidermis y situada de esta.

DESENCALADO: proceso en el que se remueve la cal y el sulfuro de la piel, eliminando el hinchamiento alcalino de la piel.

EFLUENTE: líquido que procede de una planta industrial.

ENZIMAS: proteína que cataliza específicamente cada una de las reacciones bioquímicas del metabolismo.

IMPACTO AMBIENTAL: es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

MEDIO AMBIENTE: Conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades (Hora [Guat.] 8.4.97).

PELAMBRE: adj. Conjunto de pelo abundante en todo el cuerpo, mezcla de agua y cal con que se pela la piel en bombos. ı

pH: (potencial de hidrogeno), índice que expresa el grado de acidez o de alcalinidad de una solución, en escala de 0 a 7 la disolución es acida, y de 7 a 14, básica.

PRODUCCION MAS LIMPIA. – PML-: es la aplicación continua de estrategias ambientales de prevención que se integran a los procesos productivos para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos al medio ambiente y al hombre. Permite su aplicación en

los procesos de cualquier industria, en los productos y los servicios que generan estos, su objetivo es el ahorro de costos, mejora continua de las operaciones, y reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente en vez de tratarlos después de que se hayan generado.

RESIDUOS SOLIDOS: es un material que se desecha después de que haya realizado un trabajo o cumplido con su misión, es algo inservible que se convierte en basura y que no tiene valor económico.

VACUNO: adj. Perteneciente o relativo al ganado bovino, animal bovino.

VERTIMIENTO PUNTUAL: es el que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

VERTIMIENTO: descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

RESUMEN

El barrio San Benito de la localidad sexta de Tunjuelito en Bogotá D.C cuenta con un censo aproximado de 300 establecimientos de curtiembres, (Dirección de control ambiental, octubre 2012), de las cuales se encuentra formales e informales, gran parte de estas empresas no cumplen con la legislación ambiental y sanitaria, generando gran impacto ambiental, social y de salud para la población de esta localidad, por el inadecuado manejo de productos químicos, residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales.

El objetivo general de este proyecto es “Diseñar un programa de producción más limpia en los procesos productivos de la curtiembre “LOUANE CUEROS SAS” en el barrio San Benito al sur de Bogotá, contribuyendo a la mejora del desempeño ambiental del sector, impulsando una visión integral que promueva la adopción de tecnologías, procesos y productos de forma armónica con la normatividad ambiental establecida gestionar el control de los desechos en el proceso y no en la planta de tratamiento.

La empresa LOUANE CUEROS SAS, abrió sus puertas para realizar la caracterización de cada uno de sus procesos, para identificar los procesos que mayor generan residuos sólidos, adición de químicos y el estado de las aguas residuales, de esta manera mediante investigación establecer medidas de manejo ambiental frente a los desechos producidos, químicos adicionados, consumo de agua y energía, y la prevención y minimización de todos los impactos negativos que se pueden generar a los trabajadores, habitantes de la localidad, proveedores y clientes. Por último evaluar el impacto de implementación visto desde el punto costo vs beneficio, de las propuestas dadas.

Se debe tener en cuenta que la normatividad es de obligatorio cumplimiento y se establecen porcentajes máximos permitidos de vertimientos por actividad productiva en mg/L, y límite máximo permitido por actividad económica.

INTRODUCCION

La producción más limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos productivos, productos y servicios, reducción de costos, y disminución de riesgos en aspecto de seguridad, salud humana y medio ambiente, la esencia de esta estrategia es el uso eficiente de energía, agua e insumos, el ahorro de materias primas, aprovechamiento de residuos, la reducción y eliminación de materias tóxicas, desechos y emisiones. (UNUDI). Es una estrategia que busca prevenir la generación de los contaminantes en la fuente de su origen en vez de controlarlos al final del proceso. (Hoof, Monroy, & Saer, 2014).

Debido al alto impacto ambiental y social que genera la producción de cuero en la localidad de Tunjuelito se realizaron recomendaciones técnicas mediante una estrategia de producción limpia para minimizar la cantidad de carga química de los efluentes de la empresa “LOUANE CUEROS SAS”, aumentando los estándares de calidad del producto final.

El siguiente trabajo de grado se presenta en tres etapas en la primera se describirá el proceso actual de producción de cuero, en la segunda etapa se presentará la propuesta de producción más limpia para posible implementación, y por último la evaluación de costo beneficio para su implementación.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La actividad curtidora ha contribuido a transformar un subproducto importante en la explotación de la ganadería, pero luego de su industrialización y del desarrollo de la industria química, pasó de ser una actividad artesanal realizada con insumos naturales amigables con el ambiente, a una actividad de alto impacto ambiental por la mezcla de químicos dándole más durabilidad al cuero pero generando un peligro ambiental y humano, con químicos como el cromo, ácido sulfúrico, sulfitos de amonio además que contribuyen a la carga química detectada en las aguas residuales, así como la carga orgánica (residuos de grasas, sangre, materia fecal, pelo) afectando el ecosistema y la calidad de vida humana.

Por esto se generó la siguiente pregunta: ¿Qué medidas de producción más limpia se podrían diseñar e implementar en los procesos productivos de la curtiembre “LOUANE CUEROS SAS” ubicada en el barrio san Benito al sur de Bogotá?, estudio de caso.

JUSTIFICACION

Se realizó la presente investigación en el barrio San Benito ubicado al sur de Bogotá por la industria, la residencia, y en especial la magnitud de la producción mensual que se realiza en esta zona con infraestructuras productivas no adecuadas para la Curtición, el uso indiscriminado y sin control de productos químicos en los procesos, la evasión de normas ambientales donde exigen concentraciones de cromo por debajo de 0,5 mg/L en las aguas residuales de las curtiembres, la desorganización, indiferencia y apatía de la mayoría de industriales en la búsqueda de solución al problema ocasionado, la escasa capacitación técnica de los operarios para una producción limpia y eficiente, las afecciones a la salud física y emotiva de la población residencial del sector y los daños ambientales al ecosistema en general que esta industria genera en toda su área de influencia. (Periodico El Tiempo, 2008).

Se caracterizaron los procesos productivos utilizados para la transformación del cuero, indicando los químicos, cantidades, tiempo de acción, y disposición final de los desechos y aguas residuales que se generan, para detectar los manejos inadecuados en cada uno de los procesos.

OBJETIVO GENERAL

El diseñar técnicas de producción más limpia en los procesos productivos de la curtiembre “LOUANE CUEROS SAS” en el barrio san Benito al sur de Bogotá. Estudio de caso.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Diagnosticar del proceso productivo de las curtiembres en estudio.
2. Diseñar programa(s) de producción más limpia acorde a la necesidad diagnosticada.
3. Evaluar el costo beneficio en la implementación de programa(s) de producción más limpia.

MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

En el barrio San Benito de la Localidad de Tunjuelito de Bogotá D.C., existen aproximadamente 300 industrias entre micro, pequeñas y medianas, dedicadas al procesamiento de pieles, (Dirección de control ambiental, octubre 2012), generadoras de un gran volumen de residuos orgánicos y vertimientos líquidos de carácter industrial arrojados a la red de alcantarillado y posteriormente al río Tunjuelo, ocasionando impactos negativos sociales, de salud pública y ambientales.

En el sector se realizó un estudio (Mincomercio - Universidad del Rosario, 2013), que identificó bajos índices de competitividad en el sector por falta de tecnología, poca eficiencia de los procesos de producción, el uso descontrolado de insumos y materiales que conllevan al incumplimiento de la normatividad que dicta el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, las pocas actuaciones técnicas o métodos de prevenir, mitigar o compensar impactos ambientales generados por la ejecución y el desarrollo de proyectos, obras o actividades industriales, comerciales, de servicios o de cualquier otra naturaleza, dentro del perímetro urbano del Distrito Capital.

Para dar cumplimiento a la normatividad el sistema de producción limpia es uno de los adecuados para implementar debido que es preventiva en la generación de contaminantes en la fuente de origen minimizando los problemas ambientales en vez de tratar los síntomas, evitando costos y generando un producto de mayor calidad.

Los beneficios de la implementación de esta metodología son:

1. Ahorro de costos mediante la reducción y el uso de materias primas y energía.
2. Mejor eficiencia operativa de la planta.
3. Mejor calidad de los productos y consistencia por un proceso productivo controlado y predecible.
4. La recuperación de algunos materiales de los subproductos.
5. Reducción de residuos, reducción de impuestos. (Centro Nacional de Producción mas Limpia, 2004)

Aproximadamente el 65% de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (remojo, pelambre, descarte y división), esta contaminación es posible reducirla si se reduce al mínimo el uso de sulfuro, cal, y demás químicos utilizados en esta etapa, el 35% restante proviene del curtido, lavado final, y limpieza de la planta. (Centro nacional de producción mas limpia, 2004)

Existen varias metodologías para minimizar este porcentaje, una de ellas es evaluar el estado de recepción de materia prima lo cual involucra a los proveedores (mataderos y al transporte de las pieles hasta las curtiembres), los mataderos deben cumplir lo estipulado en la Ley 09 de 1979 código sanitario nacional en el Artículo 327 “Todos los animales se deberán lavar antes del sacrificio; todo matadero deberá disponer de las instalaciones apropiadas para tal fin”. (El Congreso de Colombia, 1979).

La opción de realizar un recorte y pre-descarne en la recepción de la piel reducirá un 20% en el peso de la piel fresca evitando el consumo innecesario de químicos en material que es de desecho, si las piles no fueron tratadas con productos como bactericidas, las carnazas y grasas pueden destinarse a alimentación; de lo contrario pueden utilizarse para la fabricación de jabón o biodiesel.

También influye el control de los siguientes procesos como una óptima formulación de químicos o implementando químicos ecológicos del mercado, evitando el exceso, minimizando la carga química de las aguas residuales el consumo de agua y energía sin afectar la calidad final del cuero. Es necesario contar con un adecuado sistema de medición de las variables que influyen de gran manera en el desempeño de la producción y en el aspecto económico como son el peso de las pieles según su estado (piel fresca o salada), que determina la cantidad de químicos adicionados dependiendo la etapa del proceso, la cantidad de agua y el tiempo de acción, el pH dependiendo la formula química utilizada, y por ultimo muy importante el tiempo variable que determina el tiempo de acción de los químicos, el uso de agua y energía, si el tiempo de acción de los químicos utilizados no es controlado estrictamente es posible el desperdicio de químicos disueltos en el agua ocasionando mayor índice de impacto ambiental o hasta daños en la piel del animal dejando el material inservible. El control de estas variables minimiza el sistema de tratamiento de efluentes. (Emmer & Del Campo, 2014)

Respecto a la disminución del uso del cromo y tratamiento de las aguas residuales, una técnica a implementar es el curtido en un proceso de alto agotamiento en el que se usan agentes enmascarantes reticulantes como, sales inorgánicas que permiten la basificación de las sales del cromo en modo lento progresivo y homogéneo penetrando en la superficie como en las fibras de la piel, evitando el uso dispendioso del bicarbonato de sodio, el uso de basificante y reducción del tiempo de curtido.

Actualmente se han impuesto los ácidos dicarboxílicos porque tienen alta eficacia son de fácil manejo logran una muy buena calidad del producto final y también un precio muy competitivo. El efecto final obtenido (en el agotamiento del baño), depende mucho del ácido orgánico elegido. También se debe cumplir con unas exigencias en el proceso para lograr buenos resultados como son:

1. Partir de cuero dividido en tripa.
2. Remojo, pelambre y purga ajustados para obtener una estructura abierta.
Decreto 2278 de 1982, Decreto 1036 de 1991 y los demás que lo modifiquen, sustituyan o adicionen.
3. Eliminación total del calcio de las fibras de la piel.
4. Piel bien piqueladas, para pieles sin dividir el pH<2,8 y tiempo mínimo de rotación de 3 horas.
5. Aplicar aldehídos en el piquelado.
6. Agregar todo el curtiente al cromo y previo al agregado del basificante, dejar rodar como mínimo 60 minutos.

7. El volumen del baño debe ser lo más corto posible.
8. Se debe verificar un aumento gradual del pH durante el proceso de basificación.
9. Se debe controlar que durante el proceso de curtido la temperatura permanezca dentro del rango de los 30°C. y finalizar el proceso con temperaturas más altas (45°C). (Cueronet, Guia de produccion limpia en el sector de curtiembres, 2014).

MARCO LEGAL

En el decreto 1076 de 2015 en el capítulo 3 “ordenamiento del recurso hídrico y vertimiento” en la sección 4 “vertimientos” se describe las sustancias de interés sanitario dentro de las cuales se encuentra la principal sustancia química utilizada en el proceso de curtición como es el Cromo, y es de interés sanitario cuyos vertimientos contengan las sustancias señaladas y se prohíbe el vertimiento de aguas residuales con alto contenido de este químico en calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para guas lluvias, que ocasionen altos riesgos para la salud o para los recursos hidrobiológicos, así como El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fijará los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Desarrollo Territorial, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. (Ministerio de Ambientes y Desarrollo Sostenible, 2015).

La resolución 0001 del 8 de enero del 2015, del consejo nacional de estupefacientes, por la cual se unifica y actualiza la normatividad sobre el control de sustancias y productos químicos que pueden ser utilizados o destinados directa o indirectamente en la extracción, transformación y refinación de drogas ilícitas, menciona el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico, utilizados para la producción de cuero artesanalmente en el proceso de desengale y curtido, los curtidores que manejen estas sustancias debe tener un certificado de carencia de informes por tráfico de estupefacientes CCITE, de no tenerlo y encontrar cualquier cantidad de dichas sustancias, se incautaran y serán puestos a disposición de la fiscalía general de la nación, y bajo los parámetros del código penal y procedimiento penal, se iniciara una investigación en la que se determina si incurre en prisión, esto lo determina la cantidad encontrada, y los resultados de la investigación de su uso. (Concejo Nacional de Estupefacientes, 2015).

TABLA 1 LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS.

(MINISTERIO DE AMBIENTES Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2015).

PARAMETRO	UNIDADES	FABRICACION DE ARTICULOS DE PIEL, CURTIDO Y ADOBO DE PIELES
Ph	Unidades de Ph	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/LO ₂	1,200,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/LO ₂	600,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	600,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	2,00
Grasas y Aceites	mg/L	60,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/L	Análisis y reporte
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	10,00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, o/y Xileno)	mg/L	Análisis y reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y reporte
Ortofosfatos (P-PO ₄)	mg/L	Análisis y reporte
Fosforo total (P)	mg/L	Análisis y reporte
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	Análisis y reporte
Nitratos Amoniacales (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y reporte

Cloruros (Cl)	mg/L	3,000,00
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L	3,00
Cromo (Cr)	mg/L	1,50
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Cálctica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)		Análisis y Reporte

METODOLOGIA Y RESULTADOS

Para el cumplimiento del objetivo general se desarrollará una investigación experimental, tomando como referencia diferentes investigaciones institucionales con la fitorremediación de las aguas contaminadas de las curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*, principalmente realizada por el ingeniero y director de tesis Uriel Fernando Carreño Sayago. En el primer objetivo se DIAGNOSTICO EL PROCESO PRODUCTIVO determinando el grado de contaminación de una curtiembre como estudio de caso. Para el segundo objetivo se propuso diferentes programas de producción más limpia que se podría implementar en el sector y por último se elaboró estudio de costos beneficios determinando la viabilidad en la implementación de estos programas.

1. OBJETIVO: DIAGNOSTICAR DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este objetivo se realizó el diagnóstico del proceso productivo y su grado de contaminación descritos en los siguientes tres parámetros:

1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS CONTAMINADAS EN LA CURTIEMBRE. ESTUDIO DE CASO.

En la tabla 1 “caracterización de los parámetros de calidad”, se muestran los datos analizados por una empresa acreditada, se realizaron las pruebas a dos tanques, uno de curtido y el otro de los residuos de pelambre, donde llegan las aguas contaminadas con cromo. Estos vertimientos se hacen a diario en ésta curtiembre.

TABLA 2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.

PARÁMETRO	UNIDADES	TANQUE RECURTIDO	TANQUE DE PELAMBRE	LÍMITE PERMITIDO RESOLUCIÓN 631 DE 2015
Cromo	mg/L	60	1407	1.5
DBO	mg/L	990	3210	600
DQO	mg/L	1245	3664	1200
Grasas	mg/L	149	1245	60
Coliformes Fecales	NMP/100	2.5*10 ⁶	1.1*10 ⁸	-
Coliformes Totales	NMP/100	6.5*10 ⁶	2.5*10 ⁸	-

Analizando los datos de la tabla 1, la cantidad de cromo que se vierte al alcantarillado del tanque de pelambre a diario es de más de 1400 mg/L, incumpliendo con la resolución 631 de 2015 donde indica que debe ser de menos de 1.5 mg/L, “Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.”. En cuanto a DBO y DQO los valores son muy altos 800 mg/L y 1500 mg/L respectivamente, en los que no hay control de estos vertimientos.

Estos índices tan elevados son producto de la sangre, estiércol, pelo, grasas, entre otros residuos que contiene la piel al momento de ingresar a la curtiembre y que se generan en el proceso productivo.

FOTO 1 ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES



Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA CURTIEMBRE “LOUANE CUEROS SAS”. ESTUDIO DE CASO.

El proceso de curtido consiste en transformar la piel de becerro en cuero, un material resistente mediante una cadena productiva, en la empresa “LOUANE CUEROS SAS” este proceso de transformación de la piel del vacuno en cuero se realiza de forma artesanal (aunque con algunas medidas para la minimización del impacto ambiental), comprendido por almacenamiento, ribera, desencalado, curtido, procesos en húmedo y acabado descritos a continuación.

1.2.1 ALMACENAMIENTO: o también llamado recepción de materia prima consiste en apilar en una esquina de la planta las pieles crudas intercalándolas con una capa de sal, hasta reunir 300 unidades de pieles que es la cantidad mínima de lote para iniciar el proceso de curtición, estas pieles son traídas de sopo y Zipaquirá y la recepción se realiza en los días martes, jueves y sábado en horas de la mañana, el proceso de salado se realiza a medida del ingreso de las pieles a la planta. La piel llega del matadero con residuos de estiércol, sangre y contaminantes orgánicos, los cuales son inactivados por la adición de sal evitando la putrefacción, y dándole una fuerte resistencia a los micro-organismos, permitiendo a la empresa tener un stock que no se ve afectado por problemas de escasez. Como lo vemos en la siguiente foto 2 “salado de pieles”.

FOTO 2 SALADO DE PIELES.



Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

Al describir esta foto podemos evidenciar que el área no está demarcada, hay residuos de sangre y estiércol en el piso que generan malos olores y llamado de moscas y roedores, también unas canecas que no son identificadas con etiquetas para saber su contenido.

1.2.2 RIBERA: El objetivo es limpiar y preparar las pieles para facilitar la etapa de curtido, en esta etapa es donde se empiezan a evidenciar los residuos orgánicos como desprendimiento de pelo, grasa, estiércol y sangre que trae la piel, en esta etapa se inicia la adición de químicos en unos tiempos estipulados que dependen del cuero final que se quiera.

Mediante pasos descritos a continuación, se adicionan Tensoactivo, enzimas, ácidos, sulfuro y cal hidratada que ayudan a que estos desechos presentan altos valores de pH, y elevada DBO.

1.2.2.1 Remojo: el objetivo es rehidratar y lavar las pieles conservadas con sal mediante un proceso mecánico en el que se utiliza un fulon o bombo (tambor de madera que rota mediante poleas), se adicionan las pieles con el Tensoactivo que realiza la función de un detergente para lavar la piel, retirar la sal, sangre, tierra, estiércol, sebo, grasas y demás impurezas que aumentan la DBO, la operación de remojo dura de seis horas aproximadamente en las cuales el agua es cambiada, el bombo tiene la opción de dos tapas una que es completamente cerrada para no dejar salir el agua con los químicos adicionados y otra tapa de rejas que permitir el paso del agua y así realizar un enjuague de la piel sin salir del bombo. El bombo utilizado para toda la etapa de ribera es uno solo como se muestra en la siguiente foto 3 “Fulon o Bombo”.

FOTO 3 FULON O BOMBO.



Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

Podemos evidenciar el tamaño del bombo utilizado en toda la etapa de ribera, este está puesto dentro de una canal cuadrada que es la que recoge las aguas de enjuague que son llevadas por canaletas en el piso hasta el tratamiento de aguas residuales.

1.2.2.2 Pelambre y Encalado: en el pelambre es el tiempo de adicionar las enzimas y aminos para que la piel abra los folículos y suelte el pelo completo y de esta manera es más fácil ser recogido y evitar taponamiento de la red de desagüe y alcantarillado. Luego de enjuagar las pieles y cambiar el agua del fulon se adiciona la Cal hidratada, en todo momento es intercambiada las tapas del bombo debido que se debe dejar un tiempo de acción de cada químico en rotación con la piel y luego realizar un enjuague. Este proceso dura entre 17 a 20 horas. (12 hora en remojo y 5 en proceso de rotación y enjuague, aproximadamente).

1.2.2.3 Depilación y descarte manual: las pieles son sacadas del bombo para realizar el siguiente proceso manual que consiste en retirar el pelo y exceso de cebo para perfilar la piel para curtirla. La depilación se realiza mediante una manista (semejante a un cuchillo pero sin filo para evitar que corte las pieles) un operario sobre una lámina de aluminio retira el pelo de la cara externa de la piel y es recogido en lonas para evitar el contacto con otros desechos. Luego de terminar la operación de depilado con todas las pieles del lote se procede al descarte manual el cual se realiza con una cuchilla con filo para cortar las esquinas que no son lo suficiente gruesas para continuar en el proceso de curtido, como lo vemos en la foto 4 “depilado y descarte manual”, también se raspa la piel para quitar la grasa y/o carne dejando solo el cuero para asegurar la buena absorción de los curtientes.

FOTO 4 DEPILO Y DESCARTE MANUAL.



Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

En la foto podemos observar un área no demarcada para el proceso y los bultos que se encuentran justo al frente son los desechos de pelo y descarte ya recogidos y clasificados pero no están etiquetados para su identificación. Estos bultos son recogidos por curtimbres más grandes para su disposición final.

1.2.2.4. Desencalado y Piquelado: luego que la piel fue limpiada y solo queda la dermis sin pelo y sin grasa como se muestra en la foto 5 “piel lista para curtir”, se realiza un enjuague mecánico en un fulon con bastante agua limpia y se le adicionan desencalantes como sulfato de amonio tradicional, este proceso se puede demorar entre cinco o seis horas en las que se intercambian las tapas de los fulones, es decir que unas dos horas se dejan rotar las pieles con el fulon tapado para que los desencalantes penetren la piel, y luego se realiza un enjuague con bastante agua, durante cuatro o cinco horas aproximadamente con la llave del agua abierta permanentemente, luego en el mismo

bombo se mezclan las pieles con sal industrial y ácido orgánico, la adición de estos químicos finales es para terminar de preparar el cuero para absorción del cromo. Las aguas de enjuague caen a las posetas y son conducidas por los cárcamos (canales con rejillas en el piso) hasta la plata de tratamiento debido a la carga de cal y sulfuro de sodio que contiene los efluentes.

FOTO 5 PIEL LISTA PARA CURTIR.



Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

Podemos evidenciar el cuero más moldeable, este es el resultado final de todo el proceso de rivera una piel limpia, piquelada y lista para curtir.

1.2.3. CURTIDO: es la parte del proceso en el que la piel se mezcla con Cromo para darle la resistencia y durabilidad al cuero este proceso se realiza en el mismo bombo del encalado con agua limpia y basificante que es para fijar el cromo, el bombo rota con las pieles durante aproximadamente 12 horas desde el desencalado. Luego se escurre el bombo y las pieles son sacadas de forma manual y puestas en caballetes para que se escurran durante mínimo un día, las pieles toman un color azul verdoso como se muestra en la foto 5 “piel curtida” es una forma de identificar la piel curtida, el agua restante del bombo es enviada a la plata de tratamiento debido que esta es el agua con más alto índice de contaminación.

FOTO 6 PIEL CURTIDA.

Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

En la foto podemos ver la piel curtida después de este proceso ya es cuero y no hay peligro de putrefacción, el cuero es arrumado en filas para mantener un stock en caso de escases cumplir con los pedidos, el proceso de acabado depende del producto final que se desea según las peticiones del cliente.

Para llegar a la piel curtida que vemos en la foto anterior se debe continuar con los siguientes pasos para terminar con el proceso de curtido.

1.2.4. PROCESO EN HÚMEDO: luego de tener el cuero curtido reposado por un mínimo un día se debe seguir perfilando para dar una uniformidad al cuero, para esto es necesario seguir los siguientes pasos:

1.2.4.1. Ecurrido: luego de dejar el cuero sobre los caballetes escurriendo durante un día mínimo, los caballetes son de material de madera como muestra la foto 5 “caballete de madera”. Los cueros pasan por una máquina de dos molinillos para eliminar el exceso de humedad, estirar las arrugas posiblemente formadas, y mantener un espesor uniforme.

FOTO 7 CABALLETE DE MADERA.

Foto tomada bajo la autorización de Louane cueros sas, para el desarrollo del proyecto.

1.2.4.2. Rebajado: por medio de una maquina rebajadora se raspan el cuero dándole un espesor uniforme y deseado del calibre del cuero, este proceso produce aserrín o viruta con altos contenidos de Cr+3.

1.2.4.3. Recurtido y engrase: Vuelve al bombo las pieles ya curtidas a las cuales se les adicionan recurtientes vegetales, o sintéticos, se realiza un abañó al cuero adicionando tintes y aceites a la piel para dar coloración, y fijar el grado de suavidad, textura y brillo, por un tiempo aproximado de 6 horas, luego las pieles son retiradas manualmente y el agua es enviada al tratamiento de aguas.

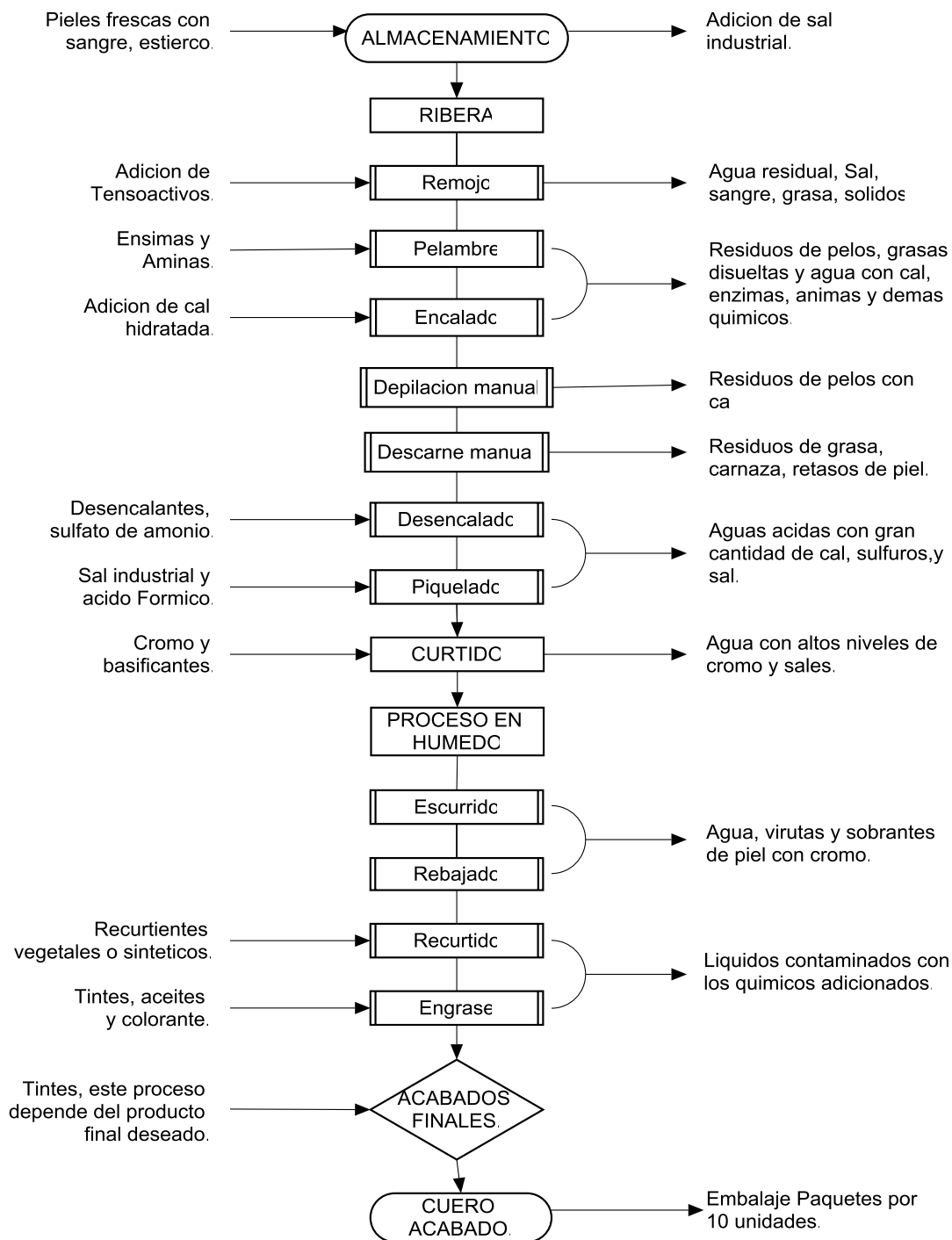
1.2.5. ACABADOS FINALES: dentro de este proceso se reafirma la suavidad, textura, firmeza y características finales del cuero, no todos los cueros tienen los mismos procesos de acabado esto lo determina el cliente, en este caso de investigación se tomaran los procesos de acabado para un cuero de marroquinería los cuales son descritos:

1.2.5.1. Secado: Eliminación de humedad de la piel por medio de una maquina al vacío, la cual funciona bajo presión y temperatura. En este proceso se intercala el secado y el tinte para fijar mediante calor el color deseado para el cuero, luego se pone a ambiente a secar el tiempo de secado es variable y depende del clima.

1.2.5.2. Acabado: los cueros son estirados para recuperar el área perdida durante los procesos anteriores, algunos cueros deben lijarse para corregir los defectos eventuales de suavidad, el embalaje se realiza en rollos de 10 cueros y son atados con cinta.

1.3 DIAGRAMA DE FLUJO

FIGURA 1 DIAGRAMA DE FLUJO



Después de realizar la descripción de cada etapa del proceso productivo del cuero en la tabla 3 se describen los residuos que generan contaminación y que incumplen con la normatividad establecida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en la resolución 0631 de 2015.

TABLA 3 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y FÍSICOS. (CUERONET, GUIA DE PRODUCCION LIMPIA EN EL SECTOR DE CURTIEMBRES, 2014).

PROCESO	QUIMICO ADICIONADO	DESPERDICIO BIOLOGICO
Recepción de materia prima	Sal industrial (NaCl)	Agua-sangre que bota a medida que la sal está secando la piel.
Remojo	Tensoactivo.	Sangre, Estiércol, materia orgánica, residuos de sal.
Pelambre y Encalado	Sulfuro de sodio Cal hidratada, aminos y enzimas	Pelo, Grasa, Agua contaminada de los químicos adicionados.
Depilación Manual		Pelo con residuos de cal y demás químicos.
Descarnado Manual		Recortes de piel, Grasas, residuos de Cal.
Desencalado	Sales	Remoción de la Cal.
Curtido	Cromo +3	Aguas contaminadas con los químicos.
Recurtido	Bicarbonato o Carbonato de Sodio, Formiato de Sodio	Aguas Residuales con alto contenido de Cro+3.
Ecurrido		Aguas Residuales con alto contenido de Cro+3.
Rebajado		Aserrín con Cro+3.
Engrase y Teñido.	Anilinas, Colorantes, Engrasantes Sintéticos,	Agua contaminada

Acabado	Pigmentos.	
---------	------------	--

Revisando los desechos por cada etapa del proceso identificamos algunos residuos sólidos que generan malos olores dentro de la curtiembre y que afectan a la comunidad, también se identificó en que proceso se generan más descargas de aguas residuales con alto contenido de químicos y de materia orgánica como pelos, grasa y trozos de piel que pueden generar taponamientos a la red de alcantarillado, como lo muestra es siguiente diagrama de flujo de procesos.

1.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

Fecha de realizacion:											
Diagrama N° 01	Pagina 1 de 1	Resumen									
Proceso		Actividad				Actual		Propuesto		Economia	
Curticion de cuero						Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Actividad		● Operación					8				
		■ Inspeccion					3				
Tipo de diagrama	Material	➡ Transporte					1				
	Operario	● Espera					1				
Metodo	Actual	◆ Decision					1				
	Propuesto	▼ Entrada de vienes					6				
		▲ Almacenamiento temporal					1				
Elaborado por:		Total Operaciones					21				
Aprobado por:		Total Tiempo									
Descripcion de actividades		●	■	➡	●	◆	▼	▲	Dist	Tiempo	Observaciones
Recepcion de pieles crudas		●	□	➡	D	◇	▽	△			Se reciben con sangre y estiercol
Ispeccion de materia prima		○	■	➡	D	◇	▽	△			Clasificacion de pieles aptas para el proceso
Adicion de sal.		○	□	➡	D	◇	▼	△			
Remojo		○	□	➡	●	◇	▽	△			En un fulon o bombo adicionar las pieles saladas con bastante agua
Pelambre		●	□	➡	D	◇	▽	△			Por accion mecanica de un fulon o bombo desprendimiento de pelo.
Calero		○	□	➡	D	◇	▼	△			Adicion de Ca(OH)2 , NaS2, NaHS, tensoactivos, y/0 peróxidos.
Division y descarne		●	□	➡	D	◇	▽	△			Retiro manual de materia organica (grasas, pelo), se intenta clasificar.
Desencalado		●	□	➡	D	◇	▽	△			Lavado en fulon o bombo con bastante agua.
Curtido con cromo		○	□	➡	D	◇	▼	△			Adicion de cromo sin control, (cromo encontrado en los tanques de pelambre es 1400 mg /L.)
Escurreido		●	□	➡	D	◇	▽	△			
Dividido		●	□	➡	D	◇	▽	△			Separacion manual de piel (cuero) y grasa.
Clasificacion		○	□	➡	D	◆	▽	△			Pieles delgadas o maltratadas que no cumplen con calidad
Recurtido		○	□	➡	D	◇	▼	△			Aguas residuales con alto contenido de Cro+3
Teñido		○	□	➡	D	◇	▼	△			Anilinas, colorantes, contaminacion por aspercion.
Engrase		○	□	➡	D	◇	▼	△			
Prensado y Secado		●	□	➡	D	◇	▽	△			
Acondicionado		●	□	➡	D	◇	▽	△			Lijado
Acabado final		○	■	➡	D	◇	▽	△			
Medicion		○	■	➡	D	◇	▽	△			
Entrega final		○	□	➡	D	◇	▽	▲			

2. OBJETIVO 2. DISEÑO DE PROGRAMAS DE PRODUCCION MAS LIMPIA ACORDE A LAS NECESIDADES DIAGNOSTICADAS.

De acuerdo con las necesidades observadas en la curtiembre evaluada, se sugirió posibles soluciones en las que se mejore la seguridad industrial, el uso racional de materiales, control del proceso y del producto, cumplimiento de normas ambientales y el uso sostenible del medio ambiente.

2.1 ORDEN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.

2.1.1 Situación actual:

La curtiembre presenta áreas no demarcadas ni identificadas en las cuales se encuentran utensilios no pertenecientes a esas áreas generando desorden, las áreas son de almacenamiento de las pieles, y almacenamiento de los desechos de descarte y el depilado, así mismo las lonas en las que son empacados estos desechos no son identificadas.

Recomendación:

Se debe demarcar el área y etiquetar los bultos como desechos orgánicos y que tipo de desecho es, evitando que se mezclen los desechos del pre-descarte y recortes que se realiza en la recepción de materia prima con los desechos que se realizan el depilado y descarte manual debido que estos últimos contiene químicos y deben estar identificados a la hora de la recolección para así identificar el uso final. También se puede identificar con el color de la lona en la que es empacada, solo se utilizaría 3 colores para fácil distinción, un color para el pre-descarte, desecho sin químicos y de fácil venta, descarte manual y depilado manual que después del encalado estos desecho contienen químicos.

2.2 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PIELES

2.2.1 Situación actual:

La piel es recibida con residuos de estiércol sangre y contaminantes orgánicos los cuales generan malos olores y presencia de moscas durante el tiempo de espera en completar el lote.

Recomendación:

Pedir al proveedor que antes del sacrificio del animal este sea lavado para asegurar que la piel enviada a la curtiembre sea libre de estiércol, tierra y demás cargas orgánicas, así

como posterior al retiro de las pieles para eliminar la sangre en la recepción de las pieles. El código sanitario nacional “Ley 09 de 1979” exige a los mataderos que todos los animales se deberán lavar antes del sacrificio, en el donde el objetivo es eliminar la mayor cantidad posible de tierra, estiércol o cualquier otro contaminante que tengan sobre la piel el animal.

2.2.2. Situación actual:

Las pieles son recibidas e inmediatamente saladas sin una previa inspección o limpieza.

Recomendación:

Realizar un recorte en las esquinas que a la vista no son útiles para el proceso y un pre-descarne antes del salado para evitar el consumo innecesario de sal y químicos en la etapa de ribera, invertiríamos más tiempo en la depilación manual y el descarne será más eficiente en su etapa. (Cueronet, Guia de produccion limpia en el sector de curtiembres, 2014).

2.3. DISMINUCION DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE RIBERA.

La etapa de Ribera produce la mayor carga contaminante, su principal función es la limpieza total del cuero generando residuos sólidos y gran cantidad de agua contaminada por los químicos adicionados y grasas suspendidas, que dejan los procesos que componen esta etapa.

2.3.1 Situación actual:

En los proceso de lavado de las pieles se llena el fulon con agua hasta que los cueros estén suficientemente cubiertos se inicia la rotación del fulon por un tiempo aproximado de 30 minutos con puertas de rejas y la válvula de agua abierta completamente hasta que los cueros estén limpios.

Recomendación:

Llenar el fulon hasta que los cueros estén totalmente cubiertos, rotar el fulon con la puerta cerrada por 10 minutos y luego drenar completamente el agua del fulon, repetir esta operación dos o tres veces hasta que los cueros estén limpios.

También es posible realizar lavados en cascada hacia atrás, el efluente de las últimas etapas de remojo y/o lavado, las cuales poseen una menor carga contaminante ya que las pieles se encuentran más limpias, son reutilizadas en las primeras etapas de remojo y/o de los enjuagues del siguiente lote de pieles a procesar, este método también es aplicable en

el proceso de desengalado. (Cueronet, Curticion al cromo de procedimientos modernos y ecologicos, 2014).

2.3.2 Situación actual:

Debido que en la etapa de ribera se adicionan varios químicos y genera gran carga contaminante es necesario asegurar que cada baño sea preparado con la formulación adecuada para optimizar los recursos y evitar agregar en exceso productos químicos, también las operaciones no son estrictamente controladas en el tiempo, temperatura y demás variables de operación lo cual influye en la calidad final del cuero y en el grado de destrucción del pelo.

Propuesta:

Control óptimo de las variables de pelambre mediante celdas de carga en los ejes de cada fulón asociadas a un sistema automático de control que registre las siguientes variables y no permita arrancar el fulón si éstos no están dentro del rango establecido. Así mismo hacer uso de los elementos de medición establecidos y su debida calibración.

- **Peso:** Se refiere al rango de carga de cada fulón para garantizar una producción estándar, que a su vez determine la cantidad de productos químicos a ser agregados según la formulación indicada y comande agregados de agua, productos químicos y los escurridos.
- **Temperatura:** Usualmente se utilizan termómetros de alcohol, adecuadamente calibrados y protegidos contra golpes, siendo ideal la medición con un sensor de emisión de ondas radiales, colocado dentro de cada fulón. El receptor puede estar asociado a un sistema automático de control con registro continuo de la temperatura y a una alarma si los valores se encuentran fuera del rango establecido.
- **pH:** Su valor depende en cada caso de la cantidad agregada de cal hidratada, sulfuro de sodio y sulfhidrato de sodio. Su medición se realiza mediante los instrumentos y métodos adecuados (Ej.: pHmetro portátil, tirillas colorimétricas, etc.) previa extracción de una muestra al pie del fulon y se analiza con químicos como, verde de bromocresol, azul de bromotimol, phenoltaleina.
- **Tiempo:** El control de los tiempos de proceso es muy importante, principalmente si se realiza el pelambre sin destrucción de pelo. Lo aconsejable es conectar el motor de los fulones a un sistema automático que accione movimientos y paradas de acuerdo a la formulación establecida, con aviso al operario cuando éste debe intervenir manualmente en la operativa. De otra manera es muy difícil que el personal pueda cumplir con los tiempos indicados en las formulaciones cuando debe atender varias labores o fulones a la vez. (Emmer & Del Campo, 2014)

2.3.3. Situación actual:

La formulación de los químicos está establecida dentro de un porcentaje después del encalado y de limpiar la piel (descarne y depilación manual), en este proceso la piel pierde aproximadamente el 30% de su peso, el cual es calculado de la siguiente manera, una piel pesa aproximadamente 3 kilogramos este valor es multiplicado por la cantidad de pieles a procesar y al valor total se le resta el 30%, lo cual nos da un valor aproximado y muestra una posible adición de químicos innecesaria, también hay que tener en cuenta que no todas las pieles tienen la misma dimensión. (Es decir que todos los lotes varían su dimensión y varía su peso).

Propuesta:

Reformulación de químicos para piel limpia, debido que en la anterior propuesta es la implementación de un sistema automático, en la que se pueden pesar las pieles esta se complementa para el cálculo de la cantidad de insumos químicos utilizados y calcular de acuerdo con la siguiente ecuación. (Centro Nacional de Producción más Limpia, 2004)

$$PQ_i = \frac{PI \times PL}{100}$$

PQ_i: PESO DEL QUÍMICO I (Kg)

PI: porcentaje del químico añadido al proceso (%)

PL: peso de la piel en el lote (KG)

Esto debe estar acompañado de recipientes y elementos de dosificación debidamente calibrados como balanzas dosificadoras para mantener un adecuado control de los inventarios de los productos químicos, es necesario mantener un stock mínimo de sustancias químicas, suficiente para la programación de la producción, que minimice la manipulación y almacenaje para prevenir los riesgos de accidentes.

Otro sistema que puede ser implementado para un control más estricto del consumo de productos químicos, consiste en la determinación mensual de la diferencia entre el consumo real de productos químicos y el consumo teórico de acuerdo a las formulaciones de la producción efectuada.

2.4. CURTIDO DE ALTO AGOTAMIENTO.

2.4.1 Proceso actual:

La experiencia y algunos estudios muestran que el 70% del cromo queda adherido a la piel y el restante 30% es descargado en el agua, se busca alcanzar una mayor fijación del cromo en el cuero y reducir el contenido de cromo en el baño.

Propuesta:

Aplicando la técnica de alto agotamiento de cromo es posible una fijación de cromo en el cuero de entre 90 y 95 % respecto al contenido de cromo en el baño. Es necesario un control estricto de las variables de proceso, y también del uso de otros productos específicos a través de los cuales se incremente la reactividad del cromo o que modifica la estructura proteica de la piel, como el uso de agentes enmascarantes mediante el cual es posible aumentar el nivel de pH por encima de 4,2 evitando la precipitación del cromo. La formulación correcta y con productos ecológicos es: (Quimaslim s.a, 2016)

TABLA 4 FORMULACIÓN DE CURTICION CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO.

PRODUCTO	PORCENTAJE	TIEMPO DE ACCION
Agua	50%	
Taurolime PK	4,5%	3 Horas
Cromo	5,5%	2 Horas
Taurobass B	0,15%	7 Horas

Esta formulación es de carácter informativo y debe ser ajustada de acuerdo a la calidad y tipo de cuero deseado.

3. OBJETIVO EVALUAR EL COSTO BENEFICIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA(S) DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

3.1 ORDEN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.

La propuesta Implementa las 5S, seire (clasificar, seleccionar), seiton (ordenar), seiso (limpieza), seiketsu (estandarizar, señalar), shitsuke (disciplina, mejora continua), en la cual se identifica el estado de calidad del material, en el área de recepción de la piel se demarcara de color amarillo el fragmento de ubicación de este material junto con un letrero de polipropileno de identificación “Recepción de pieles”, junto a este se demarcara otro fragmento de color rojo (material de desecho), en el que se ubicara los desechos del recorte y pre-descarne que se realizara en la inspección de materia prima, identificado con un letrero “Recordé y Pre-descarne”, en el área ya dispuesta para la recolección de desechos de pelambre y descarné se demarcara de color rojo (material de desecho), y se dividirá por medio de letreros “Desecho de pelambre” (pelos con químicos), y “Material de descarné” (carnaza, grasas, sebo con químicos), esto evitara confusión y posible contaminación de materiales brindando status de calidad a los materiales.

TABLA 5 COSTO DE LA DEMARCACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES.

INSUMOS	CANTIDAD	COSTO
Pintura demarcación amarillo	1 galón	\$36.900
Pintura demarcación rojo	1 galón	\$36.900
letreros en polipropileno	4 unidades	\$60.000

Brocha	2 unidades	\$13.200
Cinta de enmascarar	2 unidades	\$13.000
Mano de obra	4 horas	\$11.488
Total costo		\$171.488

La implementación tiene un costo aproximado de \$171.488 m/c, esta implementación no tiene un ahorro directo palpable o una retribución en un tiempo determinado, pero tiene unos grandes beneficios en la minimización de riesgos de pérdida de material por contaminación, de clientes por error de envío de material contaminado o envío de material no específico, y aumenta la posibilidad de venta de material de desecho del proceso sacando mayor provecho de la materia prima.

3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PIELES

La propuesta busca la minimización de carga orgánica de la curtiembre, disminución de uso de agua y químicos en material no apto para el proceso o que en medio del proceso son desechados, la siguiente tabla 6 “Disminución de peso según la materia prima” nos muestra la disminución en porcentaje dependiendo el tipo de materia prima, las pieles frescas sin recortar y sin descarnar que es el método actual pesa 900 kilogramos aproximadamente, las pieles frescas descarnadas y recortadas pesan 643 kilogramos aproximadamente notando una disminución del 28,6% de peso, lo que es desecho para la curtiembre se venderá a fábricas en las que es materia prima, la disminución del consumo de agua es evidente respecto al peso de las pieles, la disminución de químicos el consumo de sal para un lote de pieles frescas sin recortar y sin descarnar (método actual), es de 250 kilogramos aproximadamente, para pieles frescas descarnadas y recortadas sería de 178,6 kilogramos, notando una disminución de 71,4 kilogramos inmediata.

TABLA 6 DISMINUCIÓN DE PESO SEGÚN EL TIPO DE MATERIA PRIMA.

(LOUANE CUERO S.A.S, 2016)

PESO DE 300 PIELES DE BECERRO SEGÚN EL TIPO DE MATERIA PRIMA			
Tipo de materia prima	Toneladas	Kilogramos	% Disminución
Pieles frescas sin recortar y sin descarnar	0,90	900,0	0,0%
Pieles frescas recortadas sin descarnar	0,80	803,6	10,7%
Pieles frescas descarnadas y recortadas	0,64	642,9	28,6%
Pieles saladas (< 10 días) recortadas y descarnadas	0,51	514,3	42,9%
Pieles saladas (> 20 días) recortadas y descarnadas	0,58	578,6	35,7%

Pieles secas	0,26	257,1	71,4%
--------------	------	-------	-------

3.3 DISMINUCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE RIBERA.

La adición de los químicos en el proceso de curtido se realiza por porcentajes ya establecidos sacados de estudios y perfilados por la experiencia del sector, lo cual nos da el peso del químico, si la variable del peso no es lo más correcta posible se tiende a agregar mayor cantidad de químico. Para implementación de la fórmula de $PQ_i = \frac{PI \times PL}{100}$ en la que nos pide el PL: peso exacto de la piel (lo que se busca hallar), PI: porcentaje del químico, (ya determinado por los curtidores), dándonos el PQi: peso del químico, para implementar el sistema de peso mediante una celda de carga se necesita una inversión de \$3.439.800, aproximadamente el proveedor no informa un tiempo de duración de 5 años con una capacidad de producción diaria.

**TABLA 7 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN PESO DE PIELES CON CELDAS DE CARGA.
(VIAINDUSTRIAL COLOMBIA S.A.S, 2016)**

INSUMOS	CANTIDAD	COSTO
Celda de carga > 5 toneladas	2 Unidades	\$1.987.000
Indicador Digital	2 Unidades	\$1.298.000
Instalación	1 Día	\$120.000
Capacitación de 3 operarios	4 horas	\$34.800
Total costo		\$3.439.800

3.4 CURTIDO CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO.

Este proceso lo que busca es la disminución de químicos adicionados desde el proceso de desengrase, el sulfato de amonio (desengrase actual) saca la cal del cuero pero la deja en suspensión en el agua, como la cal es poco soluble en el agua después de que sale del cuero tiende a re depositarse o caer en el cuero dejando manchas de color verdoso casi imposibles de sacar enjuagues con agua limpia quedan manchas de cal color verdosas en el cuero que son imposibles de sacar de la piel, para evitar estas manchas se tiene que lavar el cuero por un tiempo de aproximado de 4 a 5 horas dejan la llave abierta del agua, agotando recurso hídrico y generando mayor cantidad de efluentes.

Con el sistema de alto agotamiento solo se realizan 3 lavados de 15 minutos de rotación cada uno, se escurre en la totalidad el agua del bombo, se llena y vuelve 15 minutos de rotación, un tiempo aproximado de 45 – 60 minutos, disminuyendo 3 horas de lavado aproximadamente.

En el proceso de piquelado y curtido método actual se utiliza sal 7% gran cantidad y de difícil decantación, ácido fórmico 0,8%, ácido sulfúrico 0,8% químico controlado por el consejo nacional de estupefacientes, cromo 6%, y bicarbonato de sodio en 1,2%, en el propuesto se utilizaría taurolime PK 11,5%, que son sales inorgánicas cromo 5,5% y taurobass B que es un óxido de magnesio de dolomita, en un 0,15%, que ayuda a enmascarar el cromo, lo ayuda a agotar.

En las siguientes tablas se ve el comparativo en porcentaje y costo de producción de cuero actual vs propuesta.

TABLA 8 CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN MÉTODO ACTUAL.

PROCESO TRADICIONAL BASADO EN LOTE DE 300 PIELES PESO 900 KILOGRAMOS				
QUIMICO	PORCENTAJE	CANTIDAD KILOGRAMO	COSTO KILOGRAMO	TOTAL COSTO
PROCESO DE LAVADO				
AGUA	200,0%	1800,0		\$ -
NaOH	0,2%	1,35	\$ 2.737,60	\$ 3.695,76
HUMECTANTES NONIL FENOL	0,5%	4,5	\$ 6.000,00	\$ 5.000,00
ENCALADO			\$ -	
CAL	1,0%	9	\$ 638,00	\$ 5.742,00
SULFURO	2,0%	18	\$ 2.691,20	\$ 48.441,60
CAL	3,5%	31,5	\$ 638,00	\$ 20.097,00
NaOH	0,2%	1,35	\$ 2.737,60	\$ 3.695,76
DESENCALADO			\$ -	
AGUA	20,0%	180	\$ -	\$ -
SULFATO NH4	1,8%	16,2	\$ 1.680,00	\$ 27.216,00
BISULFITO N2	0,2%	1,8	\$ 2.737,60	\$ 4.927,68
PURGA ENSIMATICA	0,5%	4,5	\$ 4.767,60	\$ 21.454,20
PIQUELADO Y CURTICION			\$ -	
AGUA	50,0%	450	\$ -	\$ -
SAL	7,0%	63	\$ 500,00	\$ 31.500,00
ACIDO FORMICO	0,8%	7,2	\$ 3.422,00	\$ 24.638,40
ACIDO SULFURICO	0,8%	7,2	\$ 4.060,00	\$ 29.232,00
CROMO	6,0%	54	\$ 3.955,60	\$ 213.602,40
BICARBONATO	1,2%	10,8	\$ 2.111,20	\$ 22.800,96
COSTO TOTAL DE QUIMICO UTILIZADO EN EL PROCESO TRADICIONAL				\$ 462.043,76

TABLA 9 CALCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN MÉTODO PROPUESTO.

PROCESO CURTICION CON ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO BASADO EN LOTE DE 300 PIELES PESO 900				
QUIMICO	PORCENTAJE	CANTIDAD KILOGRAMO	COSTO KILOGRAMO	TOTAL COSTO
AGUA	200,0%	1800,0		\$ -
NaOH	0,2%	1,4	\$ 2.737,60	\$ 3.695,76
TAURODEX BIO	0,1%	0,9	\$ 8.108,40	\$ 7.297,56
ENCALADO			\$ -	
CAL	0,5%	4,5	\$ 638,00	\$ 2.871,00
MOLLESCAL LN-D	0,8%	7,2	\$ 5.475,20	\$ 39.421,44
CAL	1,0%	9,0	\$ 638,00	\$ 5.742,00
TAUROLIME PZ-1	0,4%	3,6	\$ 9.384,40	\$ 33.783,84
SULFURO	0,4%	3,6	\$ 2.691,20	\$ 9.688,32
CAL	2,5%	22,5	\$ 638,00	\$ 14.355,00
NaOH	0,2%	1,4	\$ 2.737,60	\$ 3.695,76
DESENCALADO			\$ -	
AGUA	20,0%	180,0	\$ -	\$ -
BIODESENCALANTE	0,8%	7,2	\$ 5.208,40	\$ 37.500,48
DECALTEL PIC	0,4%	3,6	\$ 10.822,80	\$ 38.962,08
PURGA ENSIMATICA		0,5	\$ 4.767,60	\$ 2.383,80
PIQUELADO Y CURTICION			\$ -	
AGUA	50,0%	450,0	\$ -	\$ -
TAUROLIME PK	4,5%	40,5	\$ 5.382,40	\$ 217.987,20
CROMO	5,5%	49,5	\$ 3.955,60	\$ 195.802,20
TAUROBAS B	0,15%	1,4	\$ 5.707,20	\$ 7.704,72
COSTO TOTAL DE QUIMICO UTILIZADO EN EL PROCESO PROPUESTO				\$ 620.891,16

El método propuesto eleva el costo de producción en por un valor de \$277,127, debido a la utilización de químicos de tecnología limpia. Pero la siguiente tabla N° 10 “costo del cromo en agua residual”, nos deja ver la perdida en pesos del método tradicional siendo de \$64.080,72, sin tener en cuenta que a este valor se debe sumar el tratamiento de aguas residuales, debido a los 16,2 kilogramos de cromo que deja este proceso en las aguas residuales, con el método propuesto la perdida de cromo en agua residual es de \$9.790,11, y la cantidad de cromo es de 2,47 kilogramos, 13,73 kilogramos menos.

TABLA 10 COSTO DE CROMO EN EL AGUA RESIDUAL.

	METODO ACTUAL				METODO PROPUESTO			
	%	KILOGRAMOS	VALOR KL	VALOR TOTAL	%	KILOGRAMOS	VALOR KL	VALOR TOTAL
Cromo adicionado en el proc	6,0%	54	\$3.955,60	\$ 213.602,40	5,5%	49,5	\$3.955,60	\$ 195.802,20
Cromo fijado en la piel	70%	37,8	\$3.955,60	\$ 149.521,68	95%	47,025	\$3.955,60	\$ 186.012,09
cromo en agua residual	30%	16,2	\$3.955,60	\$ 64.080,72	5%	2,475	\$3.955,60	\$ 9.790,11

El método propuesta genera grandes beneficios e importantes como: el cumplimiento de la normatividad decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, evitando alguna de las siguientes sanciones de acuerdo con las características del infractor, el tipo de infracción y la gravedad de la misma, multas diarias hasta por cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes, \$3, 447, 270,000 (tres mil cuatrocientos cuarenta y siete millones doscientos setenta mil pesos M/C), cierre temporal o definitivo del establecimiento, si se realiza el cierre temporal del establecimiento las pérdidas mensuales oscilarían entre \$25,000,000 y \$30,000,000, y la revocatoria o caducidad de licencia ambiental, autorización, concesión, permiso o registro. (El congreso de la republica, 2009).

Se cita como ejemplo el caso del señor Julio Alberto Lizarazo Fernández, empresario de 41 años dueño de la curtiembre Nápoles, quien fue sentenciado por el delito de contaminación ambiental por el Juzgado 19 Penal a pagar 2.500 salarios mínimos mensuales legales vigentes (\$1.287.500.000), que tiene que cancelar en 90 días, y 30 meses de prisión, además perdió sus derechos políticos y le prohibieron realizar la actividad nuevamente como profesión y como comerciante. En cuanto a las muestras tomadas, la curtiembre incumplió seis de los siete parámetros analizados (como pH, DBO, DQO, sólidos, cromo y sulfuros), generando una reducción de oxígeno en el río Tunjuelo, acumulación peligrosa de metales pesados y problemas respiratorios a los habitantes del sector. (Periodico El Tiempo, Imponen la multa más alta a contaminador del río Tunjuelo, 2010).

Otro beneficio es la reducción de tres componentes negativos, sulfuro, sulfatos y disminución cromo adicionado en el proceso en un 0,5% y de su presencia en el agua residual, siendo estos altamente controlados en los análisis de estas aguas, por otro lado los desechos generados del depilado y descarte manual pueden ser aprovechados ya que es valorizable, el pelo como abono agrícola y la carnaza para realizar juguetes para mascotas en especial para los perros

La mejora continúa del proceso productivo asegurando la alta calidad de los procesos, eficiencia, y competitividad, para acceder a los mercados de exportación mediante una certificación de ISO 9001, e ISO 14000. Entre enero y septiembre de 2015, el sector registró exportaciones de cuero ascienden a 138.6millones de dólares. El principal país destino de las exportaciones de cuero es Italia con una participación del 27%, seguido de China 18% y México9%. (Revista Marketing, 2015).

Mejorar la protección y seguridad del trabajador, mediante la eliminación, remplazo o disminución en el uso de químicos altamente peligrosos como el sulfuro de sodio, las sales de cromo, cal, ácidos, solventes y pesticidas, insumos que requieren un manejo cuidadoso porque pueden causar intoxicaciones o accidentes a los empleados expuestos a ellos.

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de producción más limpia consiste en disminuir la producción de desechos desde origen y no al finalizar el proceso, en el proceso de curtiembre la disminución de los desechos se puede lograr con el apoyo principal de los proveedores, y el orden del desarrollo de los procesos, los desechos que genera esta industria en su mayoría son reutilizables lo ideal es que estos desechos tengan la menor carga química principalmente para cumplir la normatividad establecida, evitar cierres de las plantas de producción, costos elevados de tratamientos de aguas residuales, y tengan un valor comercial llamativo tanto para los curtidores que lo venden como para las fábricas que lo compran como materia prima de sus procesos.

Los residuos de mayor complejidad para la reutilización son los desechos contaminados con químicos durante el proceso y los efluentes líquidos, son desechos que desde la curtiembre solo se puede estandarizar el contenido de químico exacto sin excesos pero no se puede suspender en su totalidad los químicos que dan firmeza y la calidad del producto final que es cuero.

La contaminación no es solo la adición de químicos a la piel dentro del proceso, esta también existe cruzada, por esto la primera sugerencia que se realiza es la demarcación de las áreas de almacenamiento de pieles, almacenamiento de recorte y pre-descarne de piel y grasas no contaminadas, (sin adición de ningún químico), y descarte y pelambre que son desechos que contienen carga química este método es guiado por la metodología de buenas prácticas de manufactura, para minimizar el riesgo de pérdida de materia prima, la confusión de material, posibles accidentes laborales y fácil acceso de los operarios a las áreas.

En este trabajo de grado se realizó investigación de las técnicas más apropiadas de producción más limpia en curtiembres en las que solo se citaron algunas, las más viables para la implementación de la empresa Louane cueros sas, para estas técnicas hay que tener en cuenta los algunos actores principales de la cadena de producción como los proveedores, los empleados, los insumos, y el cliente:

- El proveedor de una curtiembre es el matadero y estos deben cumplir una normatividad de higiene para brindar una calidad en los productos cárnicos, es así como la curtiembre debe pedir un producto con unas especificaciones necesarias como las pieles lavadas lo cual contribuye a la disminución de la carga bacteriana y consumo de insumos innecesarios de la curtiembre.
- Los empleados deben ser conscientes de la importancia de la calidad del trabajo que aportan a la curtiembre, para la implementación de nuevos procesos como el

- pre-descarne antes del salado, la automatización de los bombos, el uso de productos ecológicos, la disciplina de medición de los productos químicos, entre otros es de gran importancia la disposición del operario frente a los cambios que propone la implementación de un sistema de producción más limpia, sin generar conflictos con los trabajadores no pérdidas para la empresa. También hay que tener en cuenta que los empleados son el talento humano con el que cuenta la empresa, cuidar la integridad de ellos es una obligación, evitar accidentes, minimizar el riesgo químico, riesgo biológico, psicosociales, enfermedad laboral, entre otros agentes que afectan la salud de trabajador, o su estado anímico.
- La disminución de impacto ambiental se genera con la utilización de insumos ecológicos o de menor impacto químico, este es posible mediante la capacitación de las casas químicas que proveen estos insumos a los curtidores del sector debido que son pocos los curtidores que se atreven a sustituir ciertos químicos por unos de tecnología limpia sin un asesoramiento arduo y una serie de pruebas que demuestren su efectividad y mejora de la calidad del producto final. Así como la minimización del impacto ambiental, la minimización de costos en los tratamientos de efluentes, el ahorro de agua y energía, y el cumplimiento de la normatividad frente a los químicos que son controlados por estupefacientes. También hay que aferrarse que toda organización dedicada a la venta de un bien o servicio tiene el compromiso de adoptar la responsabilidad ambiental como un sistema de gestión integral productiva, de manera que mejore los procesos y la competitividad del negocio, lo ideal es adicionar la cantidad exacta de los químicos.
 - el cliente es el pilar fundamental al adquirir el producto final, la compañía debe satisfacer sus necesidades y expectativas frente al producto entregado y la calidad del mismo, al producir con tecnologías limpias estamos dando confianza a nuestros clientes de ser un proveedor que cumple con la normatividad establecida y una posible certificación de calidad en nuestros procesos.

La implementación que se propone es de fácil adecuación, no tiene gastos elevados, en su mayoría son inversión, para el cumplimiento de las normas que rigen a las empresas en Colombia en especial dedicadas a la manufactura de cuero. Busca la disminución de costos en insumos con la energía y el agua, siendo principales actores en el proceso, busca la estandarización de los procesos frente a los tiempos y la adición de los químicos en cantidades exactas disminuyendo los desperdicios de material y posibles daños del producto final, busca la calidad total de los procesos para una posible implementación de un sistema integrado de calidad.

Bibliografía

- Centro de promocion de tecnologias sostenibles. (s.f.). *Guia tecnica de produccion mas limpia en curtiembres*. Obtenido de CPTS: <http://www.cpts.org>.
- Centro nacional de produccion mas limpia. (2004). *Diagnostico ambiental del sector curtiembres en colombia*. Obtenido de CNPML: <http://www.cnpml.org>
- Centro Nacional de Produccion mas Limpia. (2004). *Proyecto de gestion ambiental en la industria de curtiembres en colombia*. Obtenido de CNPML: <http://www.cnpml.org>.
- Concejo Nacional de Estupefacientes. (2015). *Resolucion 0001 del 08 de Enero de 2015, por la cual se unifica y actualiza la normatividad sobre el control de susancias y productos quimicos,.* Obtenido de <http://www.minjusticia.gov.co>
- Cueronet. (2014). *Curticion al cromo de procedimientos modernos y ecologicos*. Obtenido de Cuaronet.com: <http://www.cuaronet.com>
- Cueronet. (2014). *Guia de produccion limpia en el sector de curtiembres*. Obtenido de <http://www.cuaronet.com.co>
- Direccion de control ambiental. (octubre 2012). *Ficha tecnica ambiental localidad 6 tunjuelito*. Bogota.
- El Congreso de Colombia. (1979). *Ley 09 de 1979Codigo sanitario nacional*. Obtenido de Sistema unico de informacion normativa: <http://suin-juriscol.gov.co/legislacion/normatividad.html>
- Emmer, V., & Del Campo, M. (2014). *Guia de produccion masl limpia en el sector de curtiembres, Montevideo Uruguay*. Obtenido de Cuaronet.com: www.cuaronet.com
- Hoof, B. V., Monrroy, N., & Saer, A. (2014). *Produccion mas limpia, paradigma de gestion ambiental*. Bogota.
- Instituto de Hidrologo Meteorologia y estudios Ambientales. (2015). *Estudio nacional del agua, cap 6 Bogota D.C*. Obtenido de IDEAM: <http://www.documentacion.ideam.gov.co>
- Louane Cuero s.a.s. (2016). *Curtiambre del sector dedicada al procesamiento de pieles de becerro, estudio de caso*. (D. Silva, Entrevistador)

- Mincomercio - Universidad del Rosario. (2013). Plan de negocios para el sector de cueros, calzado y Marroquinería.
- Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial Colombia. (Enero de 2016). *guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros segunda edición*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co>.
- Ministerio de Ambientes y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015, decreto unico reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de Minambiente: <http://www.minambiente.gov.co>
- Periodico El Tiempo. (14 de Febrero de 2008). *El tunal es el sector de bogota con mayor contaminacion ambiental*. Obtenido de Eltiempo.com: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento>
- Procuraduría delegada para asuntos ambientales y agrarios. (Julio de 2007). *Seguimiento a las palantas de sacrificio de ganado bovino y porcino en colombia*. Obtenido de instituto de estudios del ministerio publico: <http://www.procuraduria.gov.co>.
- Quimaslim s.a. (agosto de 2016). Químicos ecológicos para el proceso de curtido. (D. Silva , Entrevistador)
- UNUDI. (s.f.). *Manual de produccion mas limpia. introduccion a la produccion mas limpia tomo I*. Obtenido de Organizacion de las naciones unidad para el desarrollo sostenible: <http://www.unido.org>
- USAID, USEPA, & CCAD. (2006). *Manual de buenas practicas ambientales para la curtiembre en centro america*.
- Viaindustrial Colombia s.a.s. (2016). Costo aproximado de celdas de Carga. (D. Silva, Entrevistador)